

Міністерство освіти і науки України  
Харківська національна академія міського господарства

**К. В. Данова**

***МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ***

до виконання курсової роботи з дисципліни

***«Охорона праці при експлуатації  
та ремонті рухомого складу»***

(для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності  
7.092202, 8.092202 – «Електричний транспорт» спеціалізації  
«Охорона праці на електричному транспорті»)

**Харків ХНАМГ 2010**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Охорона праці при експлуатації та ремонті рухомого складу» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.092202, 8.092202 - «Електричний транспорт» спеціалізації «Охорона праці на електричному транспорті») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Данова К.В. – Х.: ХНАМГ, 2010. - 22 с.

Укладач: К.В. Данова

Рецензент: А.М. Гарьковець

Рекомендовано кафедрою «Безпека життєдіяльності»,  
Протокол № 15 від 15.06.2009 р.

## ВСТУП

Основними причинами нещасних випадків при виконанні робіт в електроустановках (ЕУ) є незнання і порушення вимог їх безпечної експлуатації, незадовільний стан засобів захисту та ін. Для запобігання аваріям і нещасним випадкам необхідно проводити розрахунки з обґрунтуванням вибору елементів засобів захисту.

Метою виконання курсової роботи є ознайомлення студентів із засобами захисту працюючих від дії електричного струму та особливостями їх застосування. У результаті виконання курсової роботи студент отримує навички виконання розрахунків технічних засобів захисту в електроустановках і вибору ефективних систем щодо забезпечення електробезпеки на підприємствах міського електричного транспорту.

До змісту курсової роботи входять розрахунки, що створюють електробезпеку на підприємствах міського електричного транспорту, а саме розрахунок захисного заземлюючого пристрою у трифазній системі з ізольованою нейтраллю, занулення електричної мережі напругою 380 В та блискавкозахисту виробничої будівлі депо.

Курсову роботу оформляють на аркушах формату А-4 (графічну частину – на аркуші формату А-1) згідно з діючими стандартами оформлення технічної документації. Пояснювальна записка до курсової роботи повинна мати титульний аркуш, аркуш завдання згідно з варіантом, зміст, вступ, основну частину записки, висновки й перелік літературних посилань.

Креслення, які виконують після проведення відповідних розрахунків, повинні відповідати змісту запропонованих технічних рішень щодо забезпечення електробезпеки на підприємстві.

Варіант для виконання курсової роботи студент обирає за порядковим номером у списку групи.

## 1. РОЗРАХУНОК ЗАХИСНОГО ЗАЗЕМЛЕННЯ

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання із землею чи її еквівалентом металевих неструмоведучих частин електроустаткування, що можуть опинитися під напругою в аварійній ситуації (внаслідок замикання на корпус, удару блискавки та ін.).

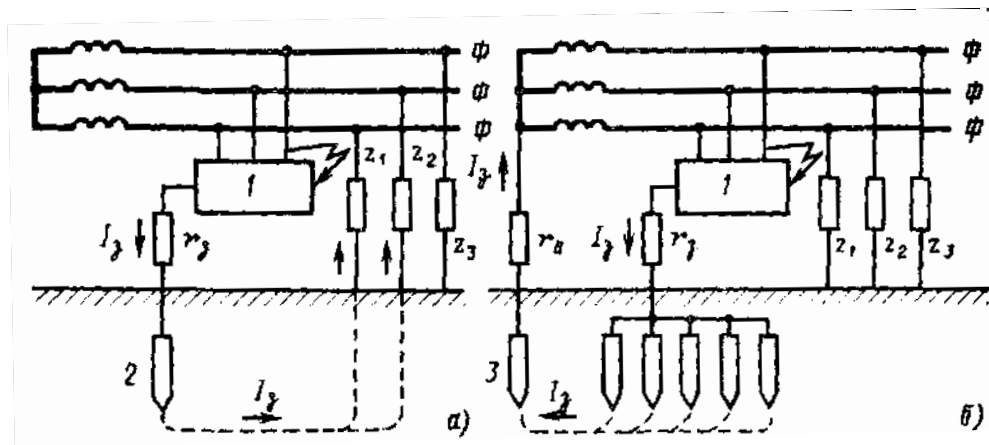
Мета влаштування захисного заземлення – забезпечення безпеки експлуатації електричного устаткування у разі доторкання людини до корпусу чи інших металевих неструмоведучих частин, які потрапили під напругу внаслідок виникнення аварійної ситуації. Ця мета досягається за рахунок зниження потенціалу обладнання, що заземлено, а також вирівнювання потенціалів основи, де стоїть людина, і обладнання, відносно якого виконано захисне заземлення [1].

Захисному заземленню підлягають металеві неструмоведучі частини обладнання, що є доступними для доторкання людиною і не мають інших засобів електричного захисту. Згідно з [2] захисне заземлення електроустановок слід виконувати: 1) при номінальній напрузі 380 В і вище змінного струму й 440 В і вище постійного струму - у всіх випадках; 2) при номінальній напрузі від 42 В до 380 В змінного струму й від 110 В до 440 В постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних згідно з додатком 4 [3].

Принципова схема захисного заземлення зображена на рис. 1.

При виконанні розрахунку захисного заземлення студенту необхідно самостійно опрацювати літературні джерела [1-4] й з'ясувати наступні питання:

- 1) склад захисного заземлення;
- 2) типи заземлюючих пристроїв, їх переваги й недоліки;
- 3) виконання заземлюючих пристроїв;
- 4) обладнання, що підлягає захисному заземленню;
- 5) перевірка стану захисного заземлення.



**Рис. 1** – Принципові схеми захисного заземлення в мережах трифазного струму: а) в мережах з ізолюованою нейтраллю до 1000 В і вище; б) в мережах із заземленою нейтраллю вище 1000 В; 1 – обладнання, що заземлено; 2 – заземлювач захисного заземлення; 3 – заземлювач робочого заземлення;  $r_0$ ,  $r_3$  – опір відповідно робочого й захисного заземлення;  $I_3$  – струм замикання

### Алгоритм розрахунку захисного заземлюючого пристрою у трифазній мережі з ізолюованою нейтраллю

1. Визначити нормативне значення опору захисного заземлення  $R_z$  згідно з [2, 5] залежно від даних за варіантом.

2. Розрахувати розраховане значення питомого опору ґрунту в місці влаштування заземлення для вертикального електрода:

$$\rho_p = \rho_{\text{вим}} \cdot \Phi, \quad (1)$$

де  $\rho_{\text{вим}}$  – питомий опір ґрунту згідно з [1], Ом·м;

$\Phi$  – кліматичний коефіцієнт, що залежить від характеру ґрунту та його вологості згідно з [1].

3. Розрахувати опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача за формулою

$$R_{\text{од}} = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (2)$$

де  $l$  – довжина заземлювача, м;

$d$  – діаметр заземлювача, м;

$t$  – відстань від поверхні землі до середини заземлювача, м;

$$t = h + \frac{l}{2}, \quad (3)$$

де  $h$  – глибина закладання електродів, м.

4. Визначити орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів за формулою:

$$n' = \frac{R_{od}}{R_3}. \quad (4)$$

5. Визначити конфігурацію групового заземлюючого пристрою (в ряд чи по контуру) з урахуванням особливостей місцевості, де розташовується захисне заземлення.

6. Розрахувати відстань між вертикальними електродами:

$$a = c \cdot l, \quad (5)$$

де  $c$  – коефіцієнт кратності, що дорівнює 1, 2, 3.

7. Для визначеної кількості вертикальних електродів  $n'$  і коефіцієнта кратності  $c$  згідно з [6] знайти коефіцієнти використання вертикальних стрижньових електродів  $\eta_{cm}$  і з'єднувальної смуги (шини)  $\eta_{ш}$ .

8. Уточнити необхідну кількість заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання  $\eta_{cm}$ :

$$n = \frac{R_{od}}{R_3 \cdot \eta_{cm}}. \quad (6)$$

9. Розрахувати опір розтіканню струму з'єднувальної смуги з урахуванням коефіцієнту використання  $\eta_{ш}$ :

$$R_{ш} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot L \cdot \eta_{ш}} \cdot \ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h}, \quad (7)$$

де  $L$  – довжина штаби, м:

$L = (n - 1) \cdot a \cdot 1,05$  - при розташуванні вертикальних електродів у ряд;

$L = 1,05 \cdot a \cdot n$  - при розташуванні вертикальних електродів по контуру;

$b$  – ширина штаби, м.

10. Провести розрахунок еквівалентного опору розтіканню струму групового заземлюючого пристрою за формулою

$$R_{cp} = \frac{R_{od} \cdot R_{uz}}{R_{od} \cdot \eta_{uz} + R_{uz} \cdot \eta_{cm} \cdot n}. \quad (8)$$

11. Отримане значення еквівалентного опору не повинно перевищувати нормативне значення опору захисного заземлюючого пристрою, що визначене за п. 1 алгоритму.

$$R_{cp} \leq R_z. \quad (9)$$

Якщо отриманий опір групового заземлюючого пристрою менший за нормативне значення, розрахунок захисного заземлення вважається виконаним. Якщо опір групового заземлюючого пристрою, що отриманий після розрахунку, перевищує нормативне значення, необхідно коригувати наступні параметри й характеристики захисного заземлення: кількість вертикальних електродів, конфігурацію захисного заземлюючого пристрою. Після коригування треба виконати повторний розрахунок, починаючи з п. 5 алгоритму.

Вихідні дані для виконання розрахунку захисного заземлення наведені в табл. 1.

**Таблиця 1 - Вихідні дані для проведення розрахунку захисного заземлення**

Номера варіанту	Напруга елект- роустановки, В	Потужність транс- форматора чи гене- ратора, що живить мережу, кВА	Питомий опір грунту, $\rho_{\text{вим}}$ , Ом·м	Довжина вертикального електрода, $l$ , м	Діаметр вертикального заземлювача, $d$ , м	Глибина закладання електродів, $h$ , м	Ширина з'єднувальної смуги, $b$ , м
1	до 1000 В	160	100	2,5	0,003	0,7	20
2	до 1000 В	90	150	2,6	0,004	0,75	25
3	вище 1000 В	-	140	2,7	0,007	0,8	24
4	до 1000 В	250	200	2,8	0,008	0,85	30
5	до 1000 В	95	250	2,9	0,005	0,7	34
6	вище 1000 В	-	120	3,0	0,006	0,75	37
7	до 1000 В	140	230	2,7	0,009	0,8	22
8	до 1000 В	80	260	2,5	0,008	0,85	28
9	вище 1000 В	-	300	2,6	0,009	0,7	31
10	до 1000 В	130	125	2,7	0,003	0,75	35
11	до 1000 В	60	170	2,8	0,004	0,8	21
12	вище 1000 В	-	235	2,9	0,006	0,85	33
13	до 1000 В	150	160	3,0	0,007	0,7	22
14	до 1000 В	85	310	2,9	0,008	0,75	32
15	вище 1000 В	-	110	2,5	0,005	0,8	27
16	до 1000 В	155	145	2,6	0,003	0,85	20
17	до 1000 В	70	280	2,7	0,004	0,7	28
18	вище 1000 В	-	270	2,8	0,007	0,75	29
19	до 1000 В	135	130	2,9	0,008	0,8	31
20	до 1000 В	75	180	3,0	0,005	0,85	34
21	вище 1000 В	-	210	2,7	0,006	0,7	36
22	до 1000 В	110	290	2,5	0,009	0,75	24
23	до 1000 В	85	320	2,6	0,007	0,8	29
24	вище 1000 В	-	105	2,7	0,008	0,85	22
25	до 1000 В	120	215	2,8	0,005	0,7	25
26	до 1000 В	95	285	2,9	0,006	0,75	37
27	вище 1000 В	-	175	3,0	0,009	0,8	38



## 2. РОЗРАХУНОК ЗАНУЛЕННЯ

Занулення – навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електроустаткування, що можуть опинитися під напругою в аварійній ситуації, з глухозаземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму в однофазних мережах і з глухозаземленою середньою точкою обмотки джерела енергії в мережах постійного струму за допомогою нульового захисного дроту.

Призначення занулення – усунення небезпеки ураження струмом внаслідок доторкання до корпусу електроустановки або інших металевих неструмоведучих частин, що опинилися під напругою відносно землі внаслідок замикання на корпус чи з інших причин [1].

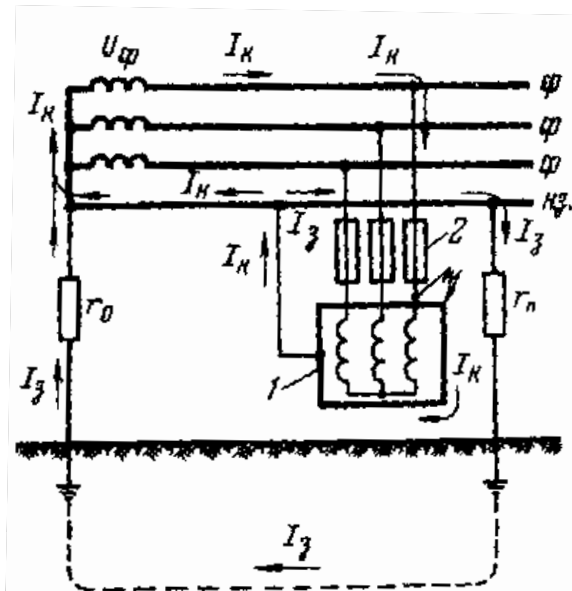
Принцип дії занулення полягає в перетворенні замикання на корпус в однофазне коротке замикання з метою викликати струм значної сили, який здатний забезпечити спрацювання апаратів захисту, що, в свою чергу, забезпечує відключення електроустановки від мережі.

Область застосування занулення - трифазні чотирипровідні мережі напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю, в тому числі найбільш розповсюджені виробничі мережі напругою 380/220 В, а також 220/127 В і 660/380 В. Занулення також застосовують в трипровідних мережах постійного струму з глухозаземленою середньою точкою обмотки джерела енергії, а також в однофазних двопровідних мережах змінного струму з глухозаземленим виводом обмотки джерела струму [1].

Принципова схема занулення у трифазній мережі до 1000 В наведена на рис. 2.

При виконанні розрахунку занулення студенту необхідно самостійно опрацювати літературні джерела [1-6] й з'ясувати наступні питання:

- 1) складові частини системи занулення;
- 2) призначення окремих елементів схеми занулення;
- 3) виконання системи занулення;
- 4) контроль справності занулення.



**Рис. 2** – Принципова схема занулення у трифазній мережі до 1000 В:

- 1 – корпус електрообладнання; 2 – апарати захисту від струму короткого заземлення;  
 $r_0$  – опір заземлення нейтралі обмотки джерела струму;  $r_n$  – опір повторного заземлення нульового захисного дроту;  $I_k$  – струм короткого замикання;  
 $I_n$  – частина струму короткого замикання, що проходить крізь нульовий захисний дріт;  $I_z$  – частина струму короткого замикання, що проходить крізь землю

### Алгоритм розрахунку занулення електричної мережі напругою 380 В

1. Умови забезпечення вимикальної спроможності занулення визначаються виразом:

$$I_{кз} \geq 3I_{ном.пл.вст.}, \quad (10)$$

де  $I_{кз}$  – струм короткого замикання, А;

$I_{ном.пл.вст.}$  – номінальний струм плавкої вставки, А.

2. Визначити струм короткого замикання за формулою

$$I_{кз} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_n}, \quad (11)$$

де  $U_{\phi}$  – фазна напруга, В;

$Z_m$  – опір трансформатора, Ом (обирають з табл. 3 залежно від потужності трансформатора);

$Z_n$  – опір петлі «фаза-нуль», що визначається як

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_1)^2}, \quad (12)$$

де  $R_n, R_\phi$  – активні опори відповідно нульового й фазного провідника, Ом;

$X_n, X_\phi$  – внутрішні індуктивні опори відповідно нульового й фазного провідника, Ом;

$X_l$  – зовнішній індуктивний опір петлі «фаза – нуль», Ом.

3. Вибрати перетин, довжину й матеріал нульового й фазного провідників самостійно.

4. Опір провідників знаходимо за формулою:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (13)$$

де  $\rho$  – питомий опір провідника (для алюмінієвих провідників  $\rho = 0,028$  Ом·мм<sup>2</sup>/м, для мідних провідників  $\rho = 0,018$  Ом·мм<sup>2</sup>/м);

$l$  – довжина провідника, м;

$S$  – площа поперечного перерізу провідника, мм<sup>2</sup>.

Значення внутрішніх індуктивних опорів нульового й фазного провідників  $X_n$  і  $X_\phi$  є значно меншими в порівнянні з величиною активного опору, тому при проведенні розрахунків ними можна знехтувати.

5. Основні технічні характеристики електродвигуна (потужність  $N$ , кВт, відношення пускового струму  $I_{\text{пуск}}$  до номінального струму  $I_{\text{н.дв.}}$ , коефіцієнт потужності  $\cos \alpha$ ) необхідно вибрати за табл. 4 залежно від його типу.

6. Визначити номінальний струм електродвигуна:

$$I_{\text{н.дв.}} = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \alpha}, \quad (14)$$

де  $P$  – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$U_n$  – номінальна напруга, В;

$\cos \alpha$  – коефіцієнт потужності.

7. Розрахувати пусковий струм електродвигуна, якщо відомий номінальний струм електродвигуна і відношення пускового струму  $I_{пуск}$  до номінального струму  $I_{н.дв.}$ .

8. Визначити номінальний струм плавкої вставки:

$$I_{ном.пл.вст.} = \frac{I_{пуск}}{\alpha}, \quad (15)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт режиму роботи електродвигуна. Для двигунів з частим ввімкненням  $\alpha = 1,6 - 1,8$ ; для двигунів з нечастими пусками  $\alpha = 2 - 2,5$ .

9. Розрахувати очікуване значення струму короткого замикання  $I_{кз}$  згідно з виразом (10).

10. Визначити щільність струму в нульовому провіднику,  $\delta$ , А/мм<sup>2</sup>:

$$\delta = \frac{I_{кз}}{S}. \quad (16)$$

11. Відповідно до даних, що наведені в табл. 5, обрати активні й індуктивні опори сталевих провідників. Переріз нульового провідника та його матеріал обираються за умови, щоб повна провідність нульового провідника була не меншою, ніж 50 % повної провідності фазного проводу, тому необхідно зробити перевірку виконання умови:

$$\frac{1}{(R_n + X_n)} \geq \frac{R_\phi + X_\phi}{2}. \quad (17)$$

12. Визначити активний опір фазного проводу:

$$R_\phi = r \cdot l_\phi, \quad (18)$$

де  $r$  – питомий активний опір, що визначений згідно з табл. 4 залежно від площі перерізу й щільності струму провідника;

$l_\phi$  – довжина фазного провідника, км.

13. Розрахувати активний опір нульового провідника аналогічно фазному за виразом (18).

14. Знайти внутрішній індуктивний опір фазного провідника:

$$X_{\phi} = x \cdot l_{\phi}, \quad (19)$$

де  $x$  - питомий індуктивний опір, що визначений згідно з табл. 4 залежно від площі перерізу й щільності струму провідника.

15. Розрахувати індуктивний опір нульового провідника аналогічно фазному за виразом (19).

16. Визначити загальну довжину петлі «фаза-нуль»  $l_n$ , км, як суму довжини фазного й нульового провідників.

17. Визначити зовнішній індуктивний опір петлі «фаза-нуль» за формулою

$$X_1 = 0,6 \cdot l_n. \quad (20)$$

18. Розрахувати опір петлі «фаза-нуль»  $Z_n$  згідно з виразом (12).

19. Визначити струм короткого замикання  $I_{кз}$  за формулою (11).

20. Перевірити умову надійного спрацювання занулення за формулою (10).

21. За значенням розрахункового номінального струму за табл. 6 обрати тип плавкої вставки запобіжника і її номінальний струм.

Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в табл. 2.

Таблиця 2 - Вихідні дані для проведення розрахунку занулення

№ варіанта	Потужність трансформатора, $P_{тр}$ , кВА	Схема з'єднання обмоток трансформатора	Тип електродвигуна
1	25	зірка	4A71B2
2	40	трикутник	4A80A2
3	63	зірка	4A80B2
4	100	трикутник	4A90L2
5	160	зірка	4A1002
6	250	трикутник	4A100L2
7	400	зірка	4A112M2
8	630	трикутник	4A132M2
9	1000	зірка	4A1602
10	25	трикутник	4A160M2
11	40	зірка	4A180S2
12	63	трикутник	4A200M2
13	100	зірка	4A220L2
14	160	трикутник	4A225M2

Продовження табл 2

15	250	зірка	4A71B2
16	400	трикутник	4A80A2
17	630	зірка	4A80B2
18	1000	трикутник	4A90L2
19	25	зірка	4A1002
20	40	зірка	4A100L2
21	63	трикутник	4A112M2
22	100	зірка	4A132M2
23	160	трикутник	4A1602
24	250	зірка	4A160M2
25	400	трикутник	4A180S2
26	630	зірка	4A200M2
27	1000	трикутник	4A220L2

Таблиця 3 – Розрахункові повні опори  $Z_m$  масляних трансформаторів

Потужність трансформатора, $P_{тр}$ , кВА	$Z_m$ при схемі з'єднання обмоток	
	зіркою	трикутником
25	3,11	0,906
40	1,949	0,562
63	1,237	0,36
100	0,799	0,226
160	0,487	0,141
250	0,312	0,09
400	0,195	0,056
630	1,129	0,042
1000	0,081	0,027

Таблиця 4 – Основні технічні характеристики закритих обдувних електро-двигунів серії А4 (основне виконання)

Тип електродвигуна	Потужність, $P$ , кВт	$\cos \alpha$	$I_{пуск} / I_{н. дв.}$
4A71B2	1,1	0,87	5,5
4A80A2	1,5	0,85	6,5
4A80B2	2,2	0,87	6,5
4A90L2	3	0,88	6,5
4A1002	4	0,89	6,5
4A100L2	5,5	0,89	7,5
4A112M2	7,5	0,88	7,5
4A132M2	10	0,9	7,5
4A1602	15	0,91	7,5
4A160M2	18,5	0,92	7,5
4A180S2	22	0,91	7,5
4A200M2	30	0,9	7,5
4A220L2	37	0,89	7,5
4A225M2	45	0,9	7,5

Таблиця 5 – Активні та індуктивні опори сталевих провідників при змінному струмі (50 Гц)

Розмір або діаметр, мм	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>	Активні / індуктивні опори, Ом/км, при щільності струму, А/мм <sup>2</sup>			
		0,5	1	1,5	2
Провідник прямокутного перерізу					
20 x 4	80	5,24 / 3,14	4,2 / 2,52	3,48 / 2,09	2,97 / 1,78
30 x 4	120	3,66 / 2,2	2,91 / 2,75	2,38 / 1,43	2,04 / 1,22
40 x 4	160	2,8 / 1,68	2,24 / 1,34	1,81 / 1,08	1,54 / 0,92
50 x 4	200	1,77 / 1,06	1,34 / 0,8	1,08 / 0,65	-
60 x 4	240	3,83 / 2,03	2,56 / 1,54	2,08 / 1,25	-
30 x 5	150	2,1 / 1,26	1,6 / 0,96	1,28 / 0,77	-
50 x 5	250	2,02 / 1,33	1,51 / 0,89	1,15 / 0,7	-
Провідник круглого перерізу					
5	19,63	17 / 10,2	14,4 / 8,65	12,4 / 7,45	10,7 / 6,4
6	28,27	13,7 / 8,2	11,2 / 6,7	9,4 / 5,65	8 / 4,8
8	50,27	9,9 / 5,75	7,5 / 4,5	6,4 / 3,84	5,3 / 3,2
10	78,54	7,2 / 4,32	5,4 / 3,24	4,2 / 2,52	-
12	113,1	5,6 / 3,36	4 / 2,4	-	-
14	150,9	4,55 / 2,73	3,2 / 1,92	-	-
16	201,1	3,72 / 2,23	2,7 / 1,6	-	-

Таблиця 6 – Значення номінального струму плавкої вставки стандартних запобіжників для мереж напругою 220 В і 380 В

Тип запобіжника	Номінальний струм плавкої вставки, А
НПІ 15	6; 10; 15
НПН60М	20; 25; 35; 45; 60
ПН2-100	30; 40; 50; 60; 80; 100
ПН2-250	80; 100; 120; 150; 200; 250
ПН2-400	200; 250; 300; 350; 400
ПН2-600	300; 400; 500; 600
ПН2-1000	500; 600; 750; 800; 1000

### 3. РОЗРАХУНОК БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

Блискавкозахист - це комплекс технічних рішень і засобів для забезпечення безпеки будівлі, а також майна й людей, які перебувають у ній, від небезпечних проявів атмосферної електрики.

Безпосередня небезпечна дія блискавки — це пожежі, механічні пошкодження, травми й загибель людей і тварин, а також пошкодження електричного й електронного устаткування. Наслідками удару блискавки можуть бути вибухи і виділення небезпечних продуктів — радіоактивних і отруйних хімічних речовин, а також бактерій і вірусів.

Система блискавкозахисту будівель або споруд включає захист від первинних ударів блискавки - зовнішня блискавкозахисна система (БЗС) і захист від вторинних дій блискавки - внутрішня БЗС. В окремих випадках блискавкозахист може містити тільки зовнішню БЗС або тільки внутрішню БЗС. У загальному випадку частина струмів блискавки протікає по елементах системи внутрішнього блискавкозахисту. Зовнішня БЗС може бути відокремленою (ізолюваною) від споруди (блискавковідводи, що стоять окремо— стрижньові або тросові, а також сусідні споруди, що виконують функції природних блискавковідводів) або може бути встановлена на об'єкті, що захищається, і навіть може бути його частиною.

Надійність захисту від первинних ударів блискавки ( $P_z$ ) слід приймати:  $0,99 \div 0,999$  – для об'єктів I РБЗ;  $0,95 \div 0,99$  – для об'єктів II РБЗ;  $0,9 \div 0,95$  – для об'єктів III РБЗ; не нижче ніж  $0,85$  – для об'єктів IV РБЗ.

Зовнішня БЗС в загальному випадку складається з блискавкоприймачів, струмовідводів і заземлювачів.

При виконанні розрахунку блискавкозахисту студенту необхідно самостійно опрацювати літературні джерела [8] й з'ясувати наступні питання:

- 1) складові частини зовнішньої БЗМ;
- 2) призначення окремих елементів блискавкозахисту;
- 3) захист від вторинних дій блискавки.



## Алгоритм розрахунку зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

Необхідність виконання блискавкозахисту об'єкта від прямого удару блискавки і його рівень блискавкозахисту визначають за таблицею Додатку А [8] залежно від можливо очікуваної кількості уражень об'єкта блискавкою за рік  $N$  і суспільного значення та тяжкості наслідків від дії блискавки.

1. Визначити очікувану кількість уражень блискавкою за рік  $N$  для будівель і споруд прямокутної форми за формулою

$$N = \left[ (S + 6h_x)(L + 6h_x) - 7,7h_x^2 \right] \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (21)$$

де  $h_x$  – найбільша висота об'єкта, м,

$L$  – довжина об'єкта, м,

$S$  – ширина об'єкта, м,

$n$  – щільність ударів блискавки на  $1 \text{ км}^2$  земної поверхні за рік, визначена за даними метеорологічних спостережень в місці розташування об'єкта,  $1/\text{км}^2 \cdot \text{рік}$ .

2. Розрахувати приблизну щільність ударів блискавки на  $1 \text{ км}^2$  за формулою

$$n = \frac{6,7 \cdot T_{gp}}{100}, \quad (22)$$

де  $T_{gp}$  – середня тривалість гроз у годинах, визначена за картами інтенсивності грозової діяльності (Додаток Б [8]) або за середніми багаторічними (не менше 10 років) даними метеостанції, найближчої до місця знаходження об'єкта.

**Примітка.** Для будівель і споруд складної конфігурації в якості  $S$  і  $L$  розглядається ширина і довжина найменшого прямокутника, в який може бути вписана будівля або споруда в плані.

3. Визначити рівень блискавкозахисту згідно з додатком А [8].

4. Визначити надійність захисту від первинних ударів блискавки  $P_3$  згідно з [8].

5. Розрахувати параметри зони захисту за табл. 7.

Стандартною зоною захисту одиничного стрижньового блискавковідводу висотою  $h$  є круговий конус висотою  $h_o < h$ , вершина якого співпадає з вертикальною віссю блискавковідводу (рис. 3). Габарити зони визначаються двома параметрами: висотою конуса  $h_o$  і радіусом конуса на рівні землі  $r_o$ .

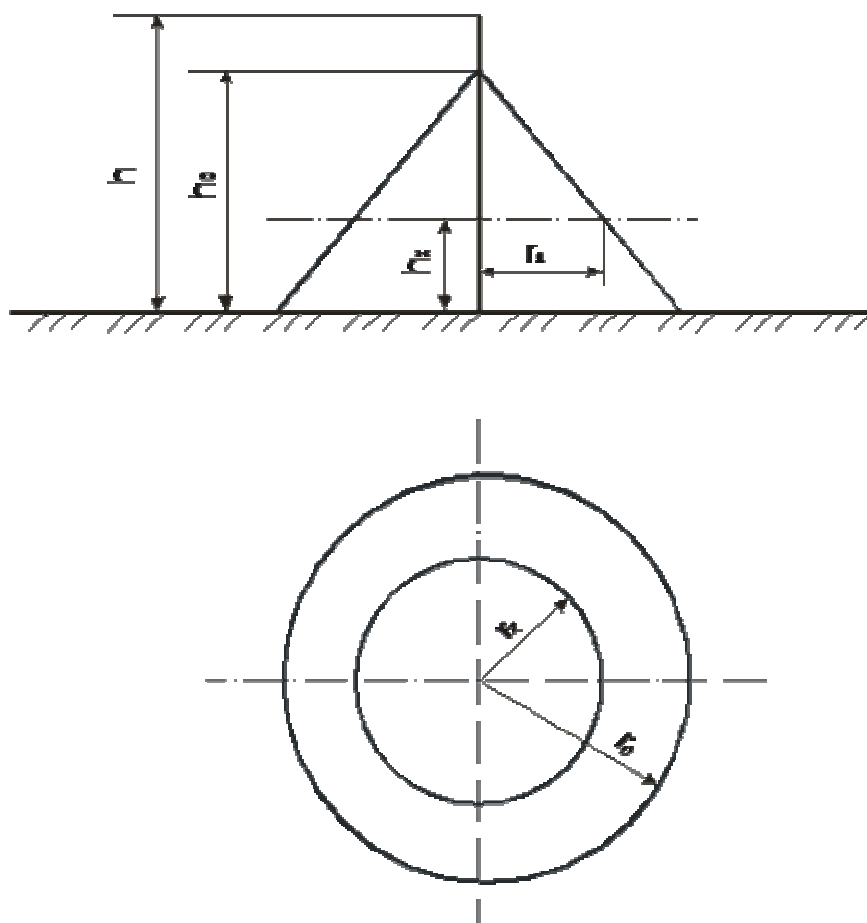
Наведені нижче розрахункові формули (табл. 7) придатні для блискавковідводів висотою до 150 м. При більш високих блискавковідводах слід користуватися спеціальною методикою розрахунку.

6. Для зони захисту необхідної надійності одиничного стрижньового блискавковідводу розрахувати радіус горизонтального перерізу  $r_x$  на висоті  $h_x$  за формулою

$$r_x = \frac{r_o(h_o - h_x)}{h_o}. \quad (23)$$

Таблиця 7 - Розрахунок зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу

Надійність захисту $P_3$	Висота блискавковідводу $h$ , м	Висота конуса $h_o$ , м	Радіус конуса $r_o$ , м
0,9	від 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	від 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	від 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	від 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	від 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7h$
0,999	від 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	від 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	від 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$



**Рис. 3** – Розрахункова схема зон захисту одиничного стрижньового блискавковідводу:

$h$  - висота блискавковідводу;  $h_o$  - висота конуса;  $r_o$  - радіус конуса;  
 $r_x$  - радіус горизонтального перерізу на висоті  $h_x$

Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в табл. 8.

Таблиця 8 - Вихідні дані для проведення розрахунку блискавкозахисту

№ варіанта	Довжина виробничої бу- дівлі $L$ , м	Ширина виробничої бу- дівлі $S$ , м	Висота виробничої будівлі $h_x$ , м	Висота блиска- вковідводу $h$ , м
1	18	10	5	25
2	20	15	6	30
3	22	12	5,5	40
4	26	14	7	35
5	25	13	6,5	40
6	30	15	8	45
7	28	11	7,5	39
8	26	14	8,5	48
9	27	13	9	28
10	19	9	5,5	24
11	21	11	6	31
12	23	13	7	37
13	29	16	7,5	35
14	24	15	6,5	27
15	17	12	8	29
16	31	14	9	26
17	16	10	8,5	32
18	32	17	7,5	34
19	18	11	6	38
20	26	10	5,5	22
21	21	14	9	40
22	28	9	6,5	29
23	17	11	8,5	34
24	19	15	9	37
25	25	16	7	28
26	30	13	7,5	35
27	23	15	6	24

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
2. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. «Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление».
3. ГОСТ 12.1.013-78. ССБТ. «Строительство. Электробезопасность. Общие требования».
4. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках. – М.: Энергия, 1983.
5. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
6. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
7. Житецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М. та ін. Практикум із охорони праці: Навч. посібник / За ред. к.т.н., доц. В.Ц. Житецького. – Львів, Афіша, 2000 – 352 с.
8. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.

Навчальне видання

**Данова Карина Валеріївна**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Охорона праці при експлуатації та ремонті рухомого складу» (для студентів 5 курсу денної форми навчання спеціальності 7.092202, 8.092202 - «Електричний транспорт» спеціалізації «Охорона праці на електричному транспорті»).

Редактор: *М.З. Аляб'єв*

Комп'ютерне верстання: *Ю.П. Степась*

План 2009, поз. 250 М

---

Підп. до друку 08.01.2010  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60 x 84 1/16  
Ум. друк. арк. 0,9  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rectorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 731 від 19.12.2001